

クレーン荷物吊り上げ時の偏心検出システム：実際に近い荷物モデルを用いた実験

著者	山田 修一郎, 関 啓明, 辻 徳生, 足津 正利, 山口 安昭, 李 倍
著者別表示	Yamada Shuichiro, Seki Hiroaki, Tsuji Tokuo, Hikizu Masatoshi, Yamaguchi Yasuaki, Ri Bai
雑誌名	精密工学会学術講演会講演論文集
巻	2016 Autumn
号	G15
ページ	363-364
発行年	2016
URL	http://doi.org/10.24517/00050316

doi: 10.11522/pscjspe.2016A.0_363



クレーン荷物吊り上げ時の偏心検出システム

—実際に近い荷物モデルを用いた実験—

金沢大学 ○山田修一郎, 関啓明, 辻徳生, 足津正利
東芝ロジスティクス(株) 山口安昭, 李倍

Sensing System to Detect Center of Gravity of a Lifting Load for a Crane

—Experiments Using a Model near Actual Load—

Kanazawa University Shuichiro Yamada, Hiroaki Seki, Tokuo Tsuji, Masatoshi, Hikizu

Toshiba Logistics Corp. Yasuaki Yamaguchi, Bai Ri

When lifting heavy load with a crane, misalignment between the crane hook and the center of gravity of the load causes sometimes accidents. This work can be performed safely by adjusting the crane hook after measuring the misalignment of the load. In this report, we measure the side forces of the load by placing the force sensors when lifting the load. We calculate the misalignment from the relationship of the detected forces and the lifting force. We prove this possibility by experiments using a load model of about the size of 1m³ near actual condition.

1. 緒言

クレーンで重量物を吊り上げる際、荷物の重心と吊り上げ位置がずれている(偏心)と荷物が回転・横ずれし、作業者を巻き込む事故が発生しやすい(Fig. 1)。傾斜センサを荷物に取り付けて危険を感知することはできるが、吊り上げてしまう前に偏心がどの程度かを検出することはできない。また、従来、荷物の下に敷いたセンサや、あるいは、荷物上部とフックの間に取り付けた複数の荷重計で荷重分布を測って重心を求めるシステム等も提案・開発されているが、一度荷物を吊り上げて置く必要があったり、大型の重量物に対応できるセンサは取付けが面倒で大掛かりになったりする。そこで、本研究では重量物を吊り上げてしまう直前に、その偏心を検出できる簡易なセンサシステムの開発を目指す。

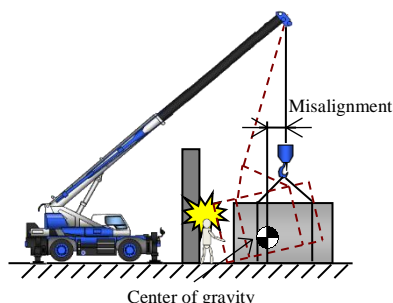


Fig. 1 Accident during crane work

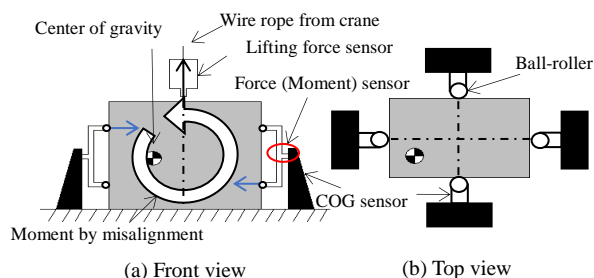


Fig. 2 Sensing system to detect center of gravity

2. 偏心検出センサの提案

Fig. 2 のように、4 台の偏心検出センサ(COG sensor)を荷物に押し付けて前後左右に配置し、接触点に加わる力を測ることで、荷物の重心を検出するシステムを提案する。接触点には、ローラを

つけ摩擦力が働かないようにする。偏心している時には吊り上げる際に荷物が傾き、各センサの上下の接触点のどちらかに力が加わる。そこで、上下の接触点の中間部で、モーメントを計測する。また、上下で接触させる方が、各側面の同じ高さ 1 点で接触させるより、荷物底面の摩擦が少ない時でも力が生じやすい上、上下どちらかの力が発生したかによって、重心がだまかに左右前後のどちらにずれているのかすぐ分かる。吊り上げる際にこれら 4 点の力とその時の吊り上げ力の関係より偏心を導出する(後述)。吊り上げ力は、クレーンに内蔵されている荷重センサを利用することもできる。このシステムでは、荷物の周囲に簡易なセンサを配置するだけで、完全に荷物が吊り上げる直前に偏心を検出できる。また、荷物の横にかかる力は、荷物の重量に比べかなり小さいので、大型の荷重計を用意しなくてよい。

3. 偏心検出方法

前後と左右方向は考え方が同じなので、ここでは左右方向のみ議論する。直方体状の荷物を吊り上げる直前の荷物やセンサに加わる力の関係を Fig. 3 に示す。質量 m 、吊り上げ力 T 、偏心 a_1 、センサに加わる力 F_1, F_2 、偏心側の角に生じる垂直抗力 N 、摩擦力 F_{01} 、幾何学パラメータ b_1, b_1', c, c_1, c_2 とする。力とモーメントの釣り合い式は下のよう表せる。

$$T = mg - N, \quad F_1 = F_2 + F_{01}, \quad a_1 mg + c_1 F_1 = c_2 F_2 + c F_{01} + b_1 N \quad (1)$$

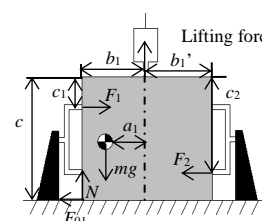


Fig. 3 Static model of a load and forces

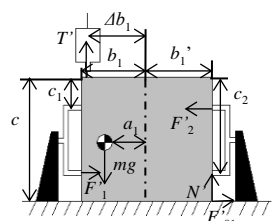


Fig. 4 Change of lifting

このときの偏心について求めると、

$$a_1 = \frac{(c - c_1)F_1 - (c - c_2)F_2 + b_1(mg - T)}{mg} \quad (2)$$

となり質量 m が既知の場合には、 F_1, F_2, T を測定することで a_1 を求められることが分かる。

また、質量 m が未知である場合には、式(2)より

$$(b_1 - a_1)mg = (c - c_2)F_2 - (c - c_1)F_1 + b_1T = C_{01} \quad (3)$$

Fig.4 の様に吊り上げ位置を $\Delta b_1 (\Delta b_1 > a_1)$ だけ移動させると偏心方向が変化し、垂直抗力 N が働く位置が移動する。この時は

$$(b_1' + a_1)mg = (c - c_2)F_1' - (c - c_1)F_2' + (b_1' + \Delta b_1)T' = C_1 \quad (4)$$

という関係式が成立し、(3),(4)の連立式から質量 m は次のように求まり、偏心 a_1 も求めることができる。

$$m = \frac{C_{01} + C_1}{(b_1 + b_1')g} \quad (5)$$

4. 実験装置

約 100[kg] 程度の荷物のモデルを用いて偏心量検出の実験を行った。装置を Fig. 5 に示す。モデルにはバーベルの重りが取り付け可能であり、重りの位置、数を変えることで、重心位置や質量の調整が可能である。吊り上げ力を測定する荷重計と偏心検出センサから得られた力のデータはアンプで増幅され、A/D 変換後、無線でデータ収集用の PC に送信される仕組みになっている。

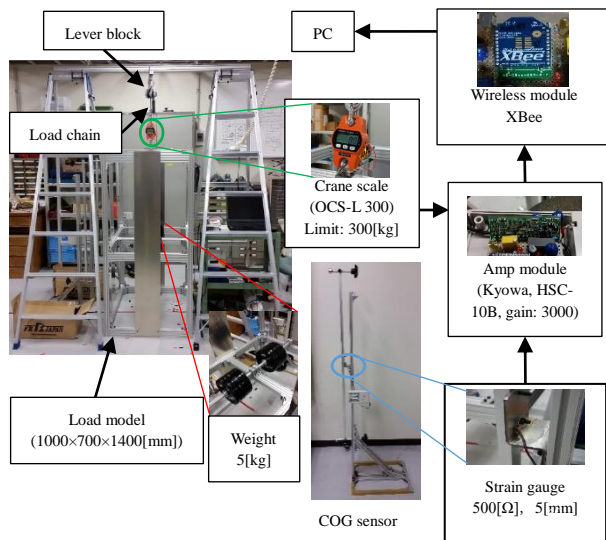


Fig. 5 Experimental set-up of COG sensing system

5. 検出実験

実験に使用した荷物モデルの質量は 102.3[kg] である。吊り上げ途中で荷物が滑り、どちらかのセンサ側に寄ることを考慮して偏心量を計算する際の偏心検出センサの値(閾値)は $F_1 + F_2$ とした。1[N] を閾値として採用した。Fig. 6 に質量を既知として測定を行った結果を示す。±10[mm] 程度の誤差が出る場合があるが、実用上は問題ないと考えられる。真の偏心量が 50[mm]、 $\Delta b_1 = 90$ [mm] として質量推定を含む偏心量推定の実験を行った結果の一例を Fig. 7 と Table. 1 に示す。概ね正しく検出できている。

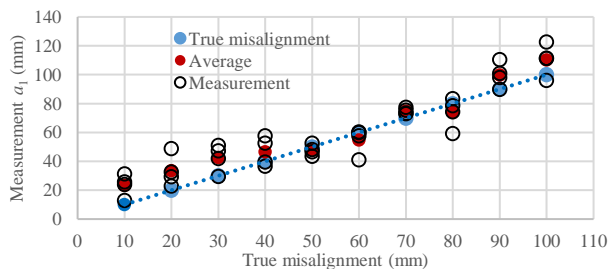
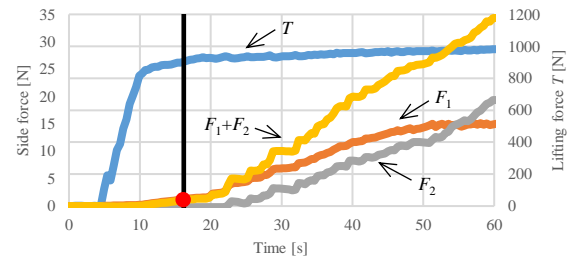
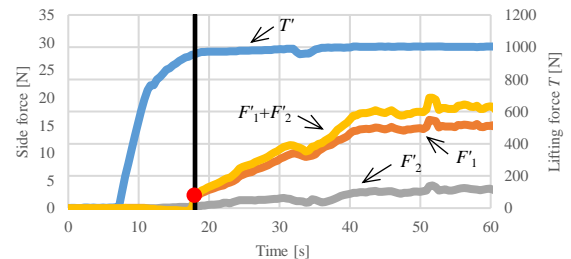


Fig. 6 Misalignment in case of threshold 1.0[N]



(a) The first time of lifting



(b) The 2nd time of lifting

Fig. 7 Relationship between force T, F and time

Table. 1 Experiment result of detecting COG

	T [N]	F_1 [N]	F_2 [N]
The 1st	903	1.21	0.19
The 2nd	956	1.50	0.58
C_{01}	C_1	m [kg]	a_1 [mm]
4.50×10^6	5.64×10^6	103	56.2

また、真の偏心量を $a_1 = 10, 30, 50, 70$ [mm]、2 回目の吊り上げ位置と荷物の重心間の距離 $|a_1 - \Delta b_1| = 20, 40, 60$ [mm] として、各条件で 3 回ずつ質量を推定したうえで偏心量を導出する実験を行った。その質量と偏心量の推定結果を Table. 2, 3 に示す。

Table. 2 Estimation of mass (unit: [kg])

First misalignment	Second misalignment $ a_1 - \Delta b_1 $ [mm]		
a_1 [mm]	20	40	60
10	102.0	103.0	104.0
30	100.9	102.6	103.7
50	103.3	104.8	104.2
70	102.1	102.9	103.1

Table. 3 Estimation of misalignment a_1 (unit: [mm])

First misalignment	Second misalignment $ a_1 - \Delta b_1 $ [mm]		
a_1 [mm]	20	40	60
10	22.1	26.8	31.2
30	36.2	43.7	48.9
50	54.6	61.0	58.5
70	73.9	77.1	78.1

2 回目の吊り上げ位置が実際の荷物の重心に近いほど質量、偏心量はより正確に推定されるという結果が得られた。荷物の寸法パラメータにもよるが、このモデルの場合、質量の推定誤差 1% で偏心量は 5mm 程度のずれが生じる。

6. 結言

荷物の側面に偏心検出センサを配置し、吊り上げ力と側面に加わる力を測ることで、荷物の質量と偏心量を検出するシステムを提案した。また、実際に近い荷物モデルを用いて、質量推定と偏心量検出の可能性を示した。今後の課題は実際のクレーンを用いた検証である。